

Kiinteistön jäähdytyskoneen integroiminen kiinteistöautomaatiojärjestelmään

Anssi Ala-Ukko

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Ala-Ukko, Anssi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 28.05.2015
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kiinteistön jäähdytyskoneen integroiminen kiinteistöautomaatiojärjestelmään		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Teppo Flyktman, Seppo Rantapуска		
Toimeksiantaja(t) Are Oy Kiinteistöpalvelut, Jari Tiihonen		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää helppo ja edullinen tapa liittää kiinteistön jäähdytyskone kiinteistöautomaatiojärjestelmään ja luoda esimerkkijärjestelmä Are Oy:n tiloissa Ohjelmakaari 10:n ilmanvaihtokonehuoneessa sijaitsevaa Aermec NLW1000 – jäähdytyskonetta käyttämällä.</p> <p>Opinnäytetyö koostui kolmesta osasta: tutkimustyöt, asennustyöt ja ohjelmointityöt. Tutkimustyön tuloksien perusteella valittiin käytettäväksi liitäntäkorttia AER485, joka on jäähdytyskoneen valmistajan Aermecin ratkaisu jäähdytyskoneen tietojen lukemiseen Modbus –väylän kautta. Esimerkkivalvomo luotiin valvonta-alakeskuksessa sijaitsevaan CentraLine Hawk –säätimeen. Asennustyövaiheessa jäähdytyskoneeseen liitettiin liitäntäkortti AER485 ja luotiin jo olemassa olevaa kaapelointia käyttämällä väylä liitäntäkortin ja CentraLine Hawkin välille. Ohjelmointivaiheessa jäähdytyskoneelta saatavat pisteet tuotiin valvomoon, niille tehtiin tarvittavat ohjelmoinnit ja luotiin lopulta valmis esimerkkivalvomo, josta jäähdytyskoneen toimintaa voitiin ohjata ja tarkkailla.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva ja edullinen esimerkkivalvomo, josta Ohjelmakaari 10:n jäähdytyskoneen toimintaa päästiin ohjaamaan ja tarkkailemaan. Työn tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa jäähdytyskoneiden kiinteistöautomaatiovalvomoon liittämisisä, mutta liitäntäkortti AER485:n puutteet kuitenkin rajoittavat kyseisten jäähdytyskonemallien liittämisen toteuttamiskelvollisuutta. Muiden valmistajien jäähdytyskoneiden liittämismahdollisuuksia kannattaa tutkia tulevaisuudessa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Kiinteistöautomaatio, automaatiovalvomo, jäähdytyskone		
Muut tiedot		



Author(s) Ala-Ukko, Anssi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 28.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 46	Permission for web publication: x
Title of publication The integration of chiller to building automation system		
Degree programme Degree programme of Automation engineering		
Tutor(s) Flyktman, Teppo; Rantapuska, Seppo		
Assigned by Are Group Property Services; Tiihonen, Jari		
<p>Abstract</p> <p>The objective of the thesis was to work out an easy and cost-efficient way to integrate a chiller to a building automation system and to create an example control system using the Aermec NLW1000 chiller located in the ventilation machine room at Are Group's offices at Ohjelmakaari 10.</p> <p>The thesis consisted of three phases: research phase, installation phase and programming phase. Based on the results of the research phase, the AER485 serial interface card was chosen as the manufacturer of the chiller Aermec offers it as a solution to read information via Modbus serial interface. Example of the control system was created using a CentraLine Hawk controller. During the installation phase the AER485 card was installed and serial connection was established between the card and the CentraLine Hawk using the already existing cables. During the programming phase the chiller's data points were imported to the control system and they were programmed accordingly. As the final step a finished control system was created which can be used to control and monitor the chiller.</p> <p>The result of the thesis was a working and profitable example of the control system that can be used to control and monitor Ohjelmakaari 10's chiller. The findings of the thesis can be used when integrating chillers to the building automation system in the future; however, the shortcomings of the AER485 serial interface card limit the viability of the integration of other Aermec chillers. It is worthwhile to research the possibility of integrating chillers made by other manufacturers in the future.</p>		
Keywords/tags (subjects) Building automation, building control, chiller		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	4
2 TIETOPERUSTA.....	5
2.1 Rakennusautomaation tarkoitus ja toimintaperiaate.....	5
2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmät.....	6
2.2.1 Honeywell.....	6
2.2.2 Fidelix.....	7
2.3 Rakennusautomaation laitteisto.....	7
2.3.1 Valvonta-alakeskukset.....	7
2.3.2 I/O-modulit ja säätimet.....	8
2.3.3 Kenttälaitteet.....	10
2.4 Rakennusautomaation ohjelmointi.....	10
2.4.1 Järjestelmät ja niiden ohjelmointien erot.....	10
2.4.2 Valvomografiikoiden luominen.....	11
2.5 Rakennusautomaation liittäminen valvomoon.....	12
2.5.1 Valvomojärjestelmän fyysinen rakenne.....	12
2.5.2 Tiedonsiirtoprotokollat.....	12
2.5.3 Ohjelmointi.....	14
2.6 Rakennusautomaatiovalvomo.....	15
2.6.1 Grafiikka.....	15
2.6.2 Pisteiden tuonti valvomojärjestelmään.....	16
2.6.3 Toiminnot.....	17
2.6.4 Hälytykset.....	18
2.6.5 Historiat.....	20
2.6.6 Käyttö.....	22
2.7 Jäähdytyskone.....	22
2.7.1 Toimintaperiaate.....	23
3 OPINNÄYTETYÖN VAATIMUKSET.....	24
3.1 Lopputuotteen vaatimukset.....	24
3.2 Järjestelmän ja laitteiston asettamat vaatimukset ja rajoitukset.....	24
4 TUTKIMUSTYÖ.....	26

4.1 Laitteistoon perehtyminen.....	26
4.1.1 Jäähdytyskone Aermec NLW1000.....	26
4.1.2 Valvonta-alakeskukset ja CentraLine Hawk -säädin.....	28
4.1.3 Valvomojärjestelmä.....	29
4.2 Väylävaihtoehtojen selvitys ja valinta.....	29
5 TYÖN TOTEUTUS.....	30
5.1 Asennustyöt.....	30
5.2 Ohjelmointityöt.....	32
6 TULOKSET JA POHDINTA.....	39
6.1 Työn tuloksen analysointi.....	39
6.2 Pohdinta.....	41
7 LÄHTEET.....	44
8 LIITTEET.....	46
Liite 1: Jäähdytyskone Aermec NLW1000:n prosessikaavio.....	46

KUVIOT

Kuvio 1. CentraLine CLIOL822A AO-moduli kiinnitettynä XS814 -pohjaan.....	8
Kuvio 2. CentraLine EAGLE -säädin.....	9
Kuvio 3. CentraLine HAWK-säädin.....	11
Kuvio 4. Esimerkki valvomojärjestelmän rakenteesta.....	12
Kuvio 5. Hälytysikkuna kiinteistövalvomossa.....	19
Kuvio 6. Lämmitysveden lämpötilatrendi viikon alusta lauantaihin asti.....	21
Kuvio 7. Jäähdytyskone JK01, mallia Aermec NLW1000.....	27
Kuvio 8. Jäähdytyskoneen näyttökortti GR03.....	27
Kuvio 9. Ohjelmakaari 10:n uuden osan IV-konehuoneessa sijaitseva VAK 3.....	28
Kuvio 10. AER485:n DIP-kytkimien asetukset.....	30
Kuvio 11. GR03 -näyttökortin Modbus ID:n määrittelevät DIP-kytkimet.....	32
Kuvio 12. Modbus -pisteen lisääminen CoachAX -ohjelmistossa.....	34
Kuvio 13. Esimerkki lämpötilamittauksen pisteen toimintojen ohjelmoinnista.....	35
Kuvio 14. GR03 -näyttökortin hajoamisen myötä ilmennyt ongelma, jossa kaikki jäähdytyskoneen pisteet ovat "down" -tilassa.....	36
Kuvio 15. Työn tuloksena kehitetty jäähdytyskone JK01:n valvomonäkymä.....	38
Kuvio 16. Jäähdytyskoneen lauhduttimen lämpötilamittausten historiatrendit.....	40

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantajana toimii Are Oy, joka tarjoaa kiinteistöpalveluratkaisuja sekä liike- että yksityiskiinteistöihin. Are toimii kahdellakymmenelläviidellä paikkakunnalla ja on yksi Suomen suurimmista työllistäjistä kiinteistöpalveluiden saralla. Valtakunnallisesti Are työllistää noin 3 000 työntekijää, eli ”arelaista”. Lisäksi Arella on toimipiste myös Venäjällä.

Tällä hetkellä Aren Jyväskylän toimipisteellä on noin parisataa työntekijää ja vuosi 2014 oli tulokseltaan yrityksen paras moneen vuoteen. Vuonna 2014 Jyväskylän automaatio-osaston liikevaihto oli lähes yhtä suuri kuin Are Vantaan automaatio-osaston liikevaihto, vaikka Vantaa onkin kokoluokassaan ja potentiaalisten asiakkaiden kannalta merkittävästi suurempi markkina-alue kuin Jyväskylä.

Aren automaatio-osaston työnkuva koostuu lähinnä uusien kiinteistöjen automaation toteutuksesta ja vanhojen kiinteistöjen automaation saneerauksesta. Käytännössä kiinteistöautomaatio ohjaa ilmanvaihtokoneiden, lämmönjakokeskuksen ja jäähdytyskoneiden kautta rakennuksen sisäilman lämpötilaa sekä lisäksi esimerkiksi sisä-, ulko- ja mainosvalojen toimintaa.

Nykyisin Aren tuottamat kiinteistövalvomot näyttävät tuloilmakoneiden ja lämmönjakokeskusten oleelliset tiedot, kuten ulko-, tulo-, poisto- ja huonelämpötilat, kaukolämmön tulo- ja poistoveden lämpötilat, patteriverkoston ja ilmanvaihtoverkoston tulo- ja poistoveden lämpötilat, sekä muita oleellisia tietoja, kuten esimerkiksi kanavapaineita ja ilmamääriä. Are tuottaa valvomoita Honeywell- ja Fidelix -järjestelmillä.

2 TIETOPERUSTA

2.1 Rakennusautomaation tarkoitus ja toimintaperiaate

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan automaatiojärjestelmiä, joiden tarkoituksena on ohjata kiinteistön ilmastointia, lämmitystä, valaistusta sekä parantaa turvallisuutta ja energiatehokkuutta. Rakennusautomaatio on tästä syystä laajasti yhteydessä lähes kaikkiin kiinteistön muihin järjestelmiin. Rakennusautomaation suurimpia hyötyjä ovat energiatehokkuus, sisäilman laadun takaaminen ja huoltotoimien parempi hallinta. Energiatehokkuutta voidaan seurata automaatiovalvomosta erilaisten trendien ja kulutusten avulla. Lisäksi esimerkiksi lämmön talteenoton yhteydessä voidaan esittää laskettu hyötysuhde, jolloin tuloilmakoneen toiminnan tehokkuudesta saadaan hyvä kuva. (Rakennusautomaatiolla saavutettavissa olevat hyödyt, 1-3)

Rakennuksille myönnettävä energiatodistus esittää rakennuksen energiatehokkuutta ET-luvulla. Rakennukset luokitellaan energiatehokkuuden mukaan, jossa A on paras luokitus ja G huonoin. Rakennusautomaation asema energiatehokkuuden varmistamisessa on keskeinen. Prosessien optimoiminen, hyötysuhteiden tarkkailu sekä erilaisten historiatrendien- ja raporttien luominen mahdollistavat energiatehokkuuden parantamisen suoraan tai analysoinnin kautta. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 49-52)

Rakennusautomaation avulla sisäilman lämpötila saadaan pysymään sopivana, vaikka huoneiden henkilömäärissä tapahtuisikin muutoksia. Järjestelmä vastaa tapahtuneisiin muutoksiin esimerkiksi huonelämpötilassa säääten tuloilman lämmitystarvetta pienemmälle tai suuremmalle. Hyvin toteutettu rakennusautomaatiojärjestelmä myös säästää rahaa. (Strand, A. 2013, 12-13)

Huollon kannalta rakennusautomaatio on myös keskeisessä asemassa.

Rakennusautomaation avulla voidaan tarkkailla reaaliajassa laitteistojen toimintaa ja lähettää poikkeavasta toiminnasta hälytyksiä huoltohenkilökunnalle. Lisäksi erilaisten kulutus-, energiatehokkuus- ja tilastoraporttien avulla voidaan tarkkailla pidemmällä

aikavälillä kiinteistön toimintaa ja kehittää sitä. Kiinteistön käyttäjille rakennusautomaatio tuo käyttöliittymän, joka on selkeä ja helposti omaksuttavissa. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 49-52)

2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmät

2.2.1 Honeywell

CentraLine on yhdysvaltalaisen Honeywellin vuonna 2004 perustama tuotenimi ja nykyään sen tuotteen ovat laajasti käytössä esimerkiksi Euroopassa. Honeywellin tuotteista keskeisessä asemassa rakennusautomaation saralla ovat Eagle- ja Hawk-säätimet. CentraLine Eagle on yleispätevä ohjelmoitava säädin rakennusautomaatiokäyttöön. Eaglen ohjelmointi tapahtuu CentraLine CARE -ohjelmistolla. Eagleen on mahdollista kytkeä laitteita monella eri protokollalla, kuten esimerkiksi BACnet, Modbus ja LonWorks. (CentraLine 2015)

Honeywell SymmetrE -kiinteistöautomaatiojärjestelmä on Honeywellin kehittämä valvomoympäristö. SymmetrEllä voidaan toteuttaa valvomon perusominaisuuksia, kuten historianseurannan ja hälytykset, sekä lisäksi sillä voidaan luoda suuriakin valvomojärjestelmiä. Valvomografiikkojen luominen tapahtuu erillisellä ohjelmalla ja ne ovat html -pohjaisia. SymmetrE tukee useita yhteysprotokollia, kuten LonWorks, BACnet, Modbus ja OLE. (SymmetrE -esite 2001, 1-8)

2.2.2 Fidelix

Fidelix on suomalaislähtöinen yritys, joka valmistaa ja kehittää rakennusautomaatio- ja turvajärjestelmiä. Fidelixin valmistamista tuotteista keskiössä ovat FX-2030A -alaseama, FX-Spider -alakeskus ja erilaiset I/O-moduulit. Fidelix tarjoaa käytännössä samat toiminnot käyttäjälleen kuin Honeywellin järjestelmät. Kuten Honeywellin kiinteistövalvomoita, myös Fidelixin valvomoita voidaan käyttää Internetin kautta. Suurimmat erot näiden järjestelmien välillä ovat ohjelmoinnissa ja toteutuksessa. (Fidelix 2015)

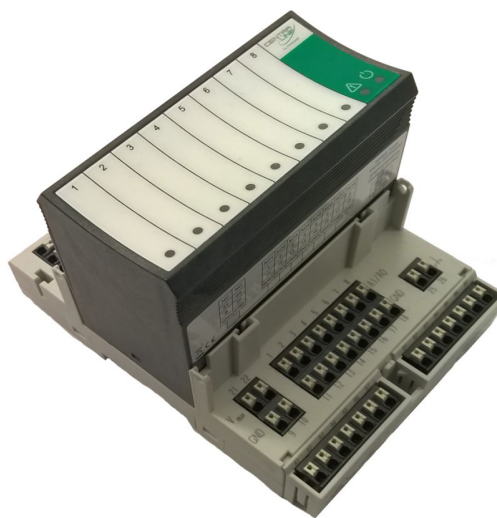
2.3 Rakennusautomaation laitteisto

2.3.1 Valvonta-alakeskukset

Valvonta-alakeskukset (VAK) ovat itsenäisiä alakeskuksia, jotka sijaitsevat useimmiten lämmönjakohuoneissa tai ilmanvaihdon konehuoneissa. VAK:ejä voi olla useampia rakennuksessa. Valvonta-alakeskuksissa sijaitsevat järjestelmän ”aivot”, eli niissä sijaitsevat prosessorit ja säätimet, joihin on rakennuksen hallintaan käytetty ohjelma kirjoitettu. Lisäksi ne voivat sisältää muita prosessin kannalta tarvittavia laitteita, kuten apureleitä ja I/O-moduleja. VAK:t ovat erikokoisia riippuen ohjattavien laitteiden määrästä ja käytetystä järjestelmästä. Jokainen alakeskus hallinnoi tiettyjä laitteita, joten yksi VAK voi esimerkiksi hallinnoida IV-koneita ja toinen lämmönjakojärjestelmää. Alakeskuksien pistemäärä on yleensä 30-150 pistettä. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 99)

2.3.2 I/O-modulit ja säätimet

Kenttälaitteiden kaapelit on viety VAK:issa oleviin I/O-moduleihin. I/O-pisteitä on neljää eri tyyppiä: AI, eli analogiatulot; AO, analogialähdöt; DI, digitaalitulot ja DO, digitaalilähdöt. Kaikki luettavat ja ohjattavat laitteet kuuluvat yhteen tai useampaan edellämainituista luokista. Esimerkiksi mittauspisteet ovat analogiatuloja, säätöpisteet ovat analogialähtöjä, kosketintiedot ovat digitaalituloja ja päälle-pois-ohjaukset ovat digitaalilähtöjä. (Prosessiautomaatio Oy 2015) I/O-moduleita on jokaiselle pistetyypille erikseen (ks. kuvio 1), mutta on olemassa myös yhdistelmämoduleita, joissa on yhdessä modulissa useita pistetyyppejä. CentraLine tarjoaa mixed-modulia, jossa on kaikkia I/O-tyyppejä, joten pienet järjestelmät voidaan toteuttaa niiden avulla. Myös Fidelixin valikoimassa on yhdistelmämoduleita. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 102-107)



Kuvio 1. CentraLine CLIOL822A AO-moduli kiinnitettynä XS814 -pohjaan, joka on mahdollista kiinnittää valvonta-alakeskuksen DIN-kiskoihin.

Säätimet ovat yleisesti prosessoreita, joissa laitteiden ohjaamiseen käytetty ohjelma on sijaitsee. Säätimen tehtävänä on suorittaa sille kirjoitettua ohjelmaa ja säätää laitteistoa asetusarvojen ja muiden ehtojen mukaisesti. Myös säätimet voivat sisältää niin kutsuttuja "on board" -I/O-moduleita, jolloin erillisten I/O-modulien käyttäminen

ei ole välttämätöntä. Erityisesti pienissä, vain muutamia kymmeniä pisteitä omaavissa järjestelmissä tämä ominaisuus on hyödyllinen. Säätimessä voi olla myös paikallisnäyttö, jolloin kyseisen säätimen hallinnoimia laitteita voi käyttää suoraan säätimestä. Tällaisia säätimiä ovat muun muassa Centraline EAGLE (ks. kuvio 2, saatavana myös ilman näyttöä) ja Fidelixin FX-sarja. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 102-107)

Säätimet ovat yhteydessä erillisiin I/O-moduleihin kenttäväylien avulla, joita ovat esimerkiksi Modbus ja LonWorks. Kenttälaitteiden tiedot siirtyvät I/O-moduleiden kautta säätimille. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 102-107)



Kuvio 2. Centraline EAGLE -säädin.

Vaikka kiinteistövalvomoa hallitaan tietokoneella, ei valvomokäytössä oleva tietokone ohjaa automaatiojärjestelmän toimintaa. Koska VAK:ssa oleva säädin hallitsee itenäisesti koko järjestelmää, on tietokoneen rooli lähinnä käyttäjärajapinnan muodostamisessa, jotta valvomon käyttäjä saa visuaalisen kuvan järjestelmän toiminnasta.

2.3.3 Kenttälaitteet

Kenttälaitteita ovat anturit ja toimilaitteet. Näihin lukeutuvat siten esimerkiksi lämpötila-anturit, painelähettimet, puhaltimet, venttiilien toimilaitteet ja huonesäätimet. Anturien tehtävänä on välittää reaaliaikaista tietoa järjestelmän toiminnasta. Kenttälaitteet on kaapeloitu VAK:ssa oleviin I/O-moduleihin, jotka välittävät tiedon kenttäväylän kautta säätimelle. On olemassa myös itsenäisesti toimivia kenttälaitteita, kuten huonesäätimiä. Näiden toimintaa ohjataan lähinnä vain lämpötilan asetusarvojen ja muiden raja-arvojen avulla.

(Rakennusautomaatiojärjestelmät 2012, 115-126)

2.4 Rakennusautomaation ohjelmointi

2.4.1 Järjestelmät ja niiden ohjelmointien erot

Are Oy käyttää ensisijaisesti Honeywell- ja Fidelix-automaatiojärjestelmiä.

Honeywellin Eagle -säätimen ohjelmointi tapahtuu CARE -ohjelmistolla. Käytännössä ohjelmointitaakkaa voidaan vähentää käyttämällä aiemmin luotuja järjestelmiä pohjana uudelle. Koska kiinteistöautomaatiossa saman tyyppisten tuloilmakoneiden toiminta on usein hyvin samanlaista, voidaan aiemmin tehdyn koneen ohjelma kopioida uuteen pienin muutoksin, jolloin säästytään paljon työltä.

Hawk -säätimen (ks. kuvio 3) ohjelmointi tehdään COACH AX -ohjelmistolla.

Ohjelmointi tapahtuu toimintalohkojen asettamisella ikkunaan ja niiden yhdistämiseen virtuaalisilla johdoilla. Toimintalohkot voivat olla esimerkiksi AND- tai OR-operaattoreita tai säädintoimilohkoja, kuten PID-säätöjä.



Kuvio 3. CentraLine HAWK-säädin.

Fidelixin ohjelmointi sisältää suuren määrän riviohjelmointia ja eroaa täten Honeywellin ohjelmoinnista suuresti. Siinä missä Honeywellin ohjelmointi voidaan toteuttaa kokonaan toimilohko-ohjelmoinnilla, on Fidelixin perusta riviohjelmoinnissa. Toisaalta Fidelixin valvomon grafiikkojen toteuttaminen vastaa enemmän Honeywell SymmetrE -järjestelmän valvomokuvia html-pohjaisuudellaan. (Kuusisto, J. 2015)

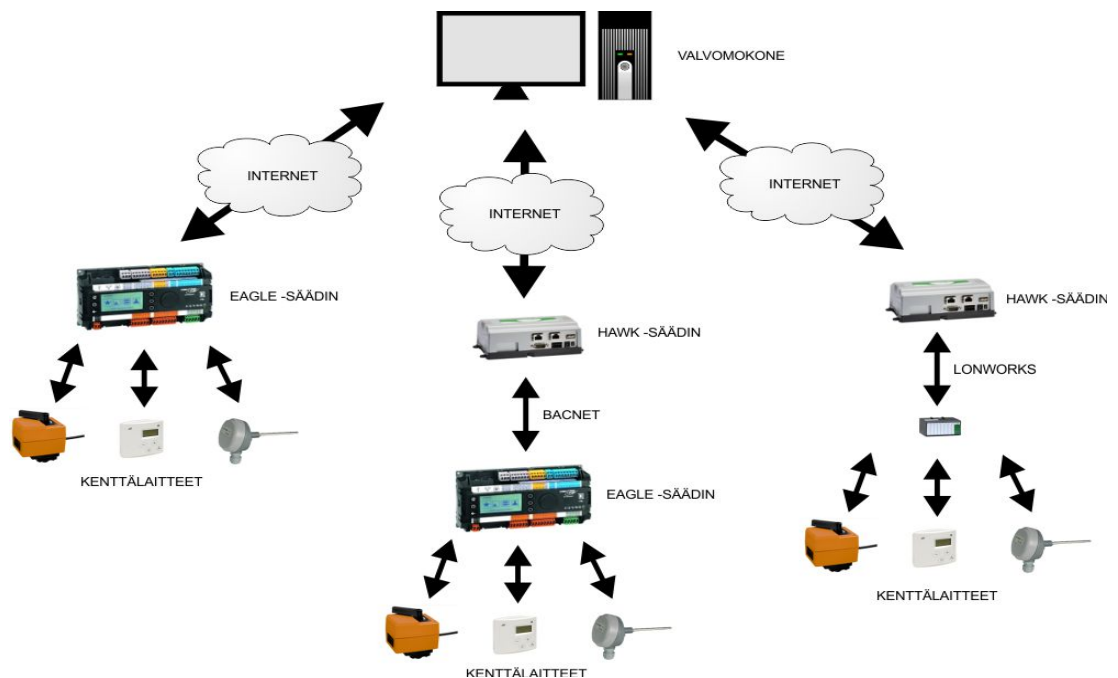
2.4.2 Valvomografiikoiden luominen

Valvomografiikan luomiseen käytetään useita eri ohjelmia. SymmetrE -järjestelmässä grafiikat ja niiden toiminnan ohjelmointi toteutetaan WebBuilder -ohjelmistolla ja kuvat tallennetaan html -muodossa. Myös Fidelixillä on oma ohjelmansa valvomografiikoiden luomiseen ja lopputuloksena on html -tiedosto. CentraLine Hawkin grafiikat voidaan luoda käyttämällä valvomon pohjana esimerkiksi Corel DESIGNER X5 -piirto-ohjelmalla luotuja jpeg -kuvia tai luoda valvomon kuvat yksittäisistä valmiista ikoneista kokoamalla. Kuva toimii käytännössä taustakuvana.

2.5 Rakennusautomaation liittäminen valvomoon

2.5.1 Valvomojärjestelmän fyysinen rakenne

Automaatiovalvomon keskiössä on valvomokone, joka on tietoverkon välityksellä yhteydessä kiinteistöissä oleviin säätimiin. Säädin on taas yhteydessä kenttälaitteisiin kenttäväylän kautta ja lukee niiden antamia mittaustuloksia tai ohjaa niitä. (ks. kuvio 4)



Kuvio 4. Esimerkki valvomojärjestelmän rakenteesta

2.5.2 Tiedonsiirtoprotokollat

Protokolla tarkoittaa yhteiskäytäntöä ja automaation yhteydessä keskustelusäännöstöä. Protokollien avulla laitteiden väliset yhteydet toimivat aina

samalla tavalla ja samalla toimintalogiikalla. Sanomien lähettäminen eri valmistajien laitteiden välillä on tällöin mahdollista, koska kaikki laitteet käyttävät samaa keskustelukieltä. Rakennusautomaation laitteiden välille luotavan yhteyden voi toteuttaa usealla eri protokollalla, mutta kaikki laitteistot eivät välttämättä ole yhteensopivia tiettyjen protokollien kanssa. Lisäksi tiedonsiirtonopeus ja laitteiden lukumäärä ovat protokollan valinnan kannalta tärkeitä asioita.

LonWorks on lyhyiden viestien lähettämiseen optimoitu avoin protokolla.

LonWorksillä vasteaika on nopea, vaikka laitteita olisikin väylässä paljon. Protokollan toimintaperiaate pohjautuu ohjaus- ja hallintasovelluksiin suunniteltuun CSMA:han. Protokollassa prosessorin omaavaa laitetta kutsutaan solmuksi (node). Laitteet tunnistetaan Neuron ID:n perusteella, joka on joka laitteelle yksilöllinen. Esimerkiksi jokainen huonesäädin LonWorks -väylässä omaa Neuron ID:n, jonka avulla ne tunnistetaan toisistaan. LonWorks on rakennusautomaatiossa melko vähän käytetty protokolla nykyaikana ja useimmin siihen törmää saneerauskohteissa.

(Kenttäväylätekniikka 2009, 3-9)

BACnet on American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning

Engineersin (ASHRAE) kehittämä protokolla. Tiedonsiirto tapahtuu IEEE 802.3-,

RS232- ja RS485-rajapintoihin perustuvilla ratkaisuilla. BACnetissä pisteet ja

aikaohjelmat mallinnetaan objekteina. BACnetissä on neljä toimintakerrosta:

fyysinen, siirtoyhteys-, verkko- ja sovelluskerros. Yhteys laitteisiin tapahtuu fyysisessä

kerroksessa, siirtoyhteyserroksessa tieto järjestetään paketteihin ja sille luodaan

osoitteisto. BACnet on yleisesti käytössä rakennusautomaatiossa ja esimerkiksi

laajasti käytetty CentraLine EAGLE on BACnet -säädin. (Tiedonsiirron rajapintojen

perusteita 2007, 7-8)

Modbus on avoin protokolla, joka kehitettiin vuonna 1979 ja sitä käyttäviä laitteita voi

valmistaa käytännössä kuka tahansa, koska protokollan kehittäjä ei vaadi sen käytöstä

korvauksia. Modbusin tiedonsiirto tapahtuu RS232- tai RS485-rajapinnoilla. Modbusin

nopeus määrittyy käytettävien laitteiden mukaan, tiedonsiirron suurimman nopeuden ollessa kuitenkin 38,4 kBaudia. Modbusia käytetään laajasti rakennusautomaatiossa. Modbus toimii isäntä-renki -protokollalla, jossa yhteen isäntään voi liittää 247 renkiä. Jokaisella rengillä (laitteella) on oma Modbus ID, jonka perusteella isäntä (säädin) tunnistaa laitteen. Tiedonsiirto Modbusissa tapahtuu siten, että isäntälaitte lähettää halutulle rengille käskyn lähettää tietyn rekisteriavaruuden tiedot itselleen. Tietoliikenne perustuu funktioihin, eli isäntälaitte lähettää funktiokoodin ja sen parametrit. (Kenttäväylätekniikka 2009, 15)

2.5.3 Ohjelmointi

Nykyaikana riviohjelmointi on jäänyt automaatiossa vähemmälle, kun graafiset käyttöliittymät ovat yleistyneet. Käytännössä ohjelmointi tapahtuu tuomalla toimintalohkoja ohjelmassa avatulle tyhjälle arkille ja kytkemällä ne. Näin voidaan luoda virtuaalisia piirejä. Yleisimpiä käytettyjä toimintalohkoja ovat esimerkiksi AND, OR ja erilaiset matemaattiset operaattorit. Näitä yhdistelemällä voidaan luoda ohjelmia, jotka sisältävät esimerkiksi samalla tavalla ehtolauseita kuin perinteinen riviohjelmointikin. Graafisten käyttöliittymien myötä ohjelmointi on helpommin omaksuttavissa ja vie vähemmän aikaa.

Poikkeuksen sääntöön luo Fidelix -järjestelmä, jonka ohjelmoimisessa käytetään yhä laajasti riviohjelmointia.

2.6 Rakennusautomaatiovalvomo

Osiossa keskitytään lähinnä COACH AX-valvomon grafiikkaan ja toimintoihin, koska ne ovat käytössä opinnäytetyön työosuudessa. Tiedot pätevät osittain myös muihin järjestelmiin.

2.6.1 Grafiikka

Automaatiovalvomon näkyvin osuus on grafiikka. Grafiikalla tarkoitetaan järjestelmää, järjestelmän osaa tai laitetta kuvaavaa piirrosta.

Rakennusautomaatiossa yleensä jokainen tuloilmakone, lämmönjako, erillispoistot ja muut oleelliset järjestelmän osat ovat valvomossa kuvattuina. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi tuloilmakoneesta on piirretty yksinkertaistettu kaavio, josta käy ilmi tulo- ja poistokanavat, kenttälaitteiden suurpiirteiset sijainnit ja muut oleelliset tiedot. Grafiikan tarkoituksena ei ole näyttää järjestelmää kokonaan, vaan lähinnä esittää käyttäjälle oleelliset osat mahdollisimman yksinkertaisesti kuvattuna.

Automaatiovalvomon grafiikassa näytetään jokaisen kaavion ohessa kenttälaitteiden tietoa reaaliajassa käyttäjälle. Esimerkiksi kanavalämpötilat ja -paineet, puhaltimien nopeus, venttiilien sekä peltien asennot näytetään oikeilla paikoillaan kaaviossa. Lisäksi laskettuja arvoja, kuten hyötysuhteita ja ilmamääriä voidaan näyttää grafiikassa. Myös asetusarvot ovat muutettavissa valvomosta.

Käyttäjäystävälliseksi valvomon saa käyttämällä erivärisiä ikoneita laitteiden tilatiedon esittämiseksi. Näin valvomo pysyy selkeänä ja käyttäjän on helpompi nopeasti silmäillä järjestelmän toiminnan tilaa. Myös värejä käyttämällä valvomon selkeys paranee. Esimerkiksi kenttälaitteet voidaan ohjelmoida muuttumaan punaisiksi niiden mennessä hälytystilaan, jolloin huoltohenkilöstö voi huomata ne grafiikasta

nopeammin.

Valvomoa käytetään useimmiten tietokoneelta, mutta on olemassa myös VAK:ien oviin asennettavia säätimiä, jotka toimivat paikallisvalvomoina. Tällaisia säätimiä ovat esimerkiksi Fidelix FX-sarjan säätimet.

2.6.2 Pisteiden tuonti valvomojärjestelmään

Pisteiden tuominen järjestelmään tapahtuu Hawkissa lisäämällä ”Drivers” -valikon alle haluttu protokolla, esimerkiksi BACnetin tapauksessa ”BACnet Network”. Tämän valikon alle voidaan tämän jälkeen lisätä laitteita, kuten esimerkiksi CentraLine Eagle -säätimen. Uuden laitteen lisäämisen yhteydessä tulee tietää säätimelle asetettu ID, käytetty network ja säätimen MAC-osoite. Tämän jälkeen säätimen valikosta voidaan valita ”Points” ja sieltä automaattisen etsi-toiminnon kautta löytää kaikki säätimen pisteet. Pisteet tuodaan Hawkiin valitsemalla halutut pisteet ja asettamalla niille haluttu yksikkö, jos sellaista ei ole jo asetettu.

ModBus -laitteiden pisteiden tuominen on hieman erilaista. ”ModBus Networkin” ja halutun ModBus-laitteen lisäämisen jälkeen jokainen piste on luotava laitteen alle ”Points” -valikkoon. ModBus-laitteen ohjekirjasta tulee katsoa pisteiden osoite ja lisättävä jokainen piste erikseen. Pisteiden nimeäminen on myös niiden lisääjän harteilla, joten pisteiden nimeämiseen on kiinnitettävä huomiota, jotta niiden käyttötarkoitus ei ole epäselvä. Samalla pisteiden lisäyksen yhteydessä voidaan määrittää niille yksiköt.

Kun pisteet on tuotu järjestelmään, voidaan ne lisätä valvomokuvaan. Järjestelmä on jatkuvasti yhteydessä säätimeen, jossa pisteet ovat ja päivittää niiden antamaa

mittauslukemaa reaaliaikaisesti. Joissain tapauksissa, kuten esimerkiksi väylän hitauden takia, saattaa esiintyä pientä viivettä. Viiveen pituus vaihtelee muutamista sekuneista useisiin minuutteihin. Järjestelmän toiminnan tarkkailun kannalta näin pieni viive on merkityksetön.

2.6.3 Toiminnot

Analogiatulot tuodaan järjestelmään normaalisti kolmella eri tavalla riippuen pisteen tarkoituksesta. Normaaleille mittauspisteille on tehtävä **ylä- ja alarajat**, jotka antavat hälytyksen, jos mittausarvo ylittää tai alittaa asetetut arvot. Ylä- ja alarajat ovat käyttäjän muutettavissa. Asetusarvo on tietyn mittauspisteen arvo, johon järjestelmä pyrkii. Eli esimerkiksi kanavan poistolämpötilamittauksen tapauksessa asetusarvo voi olla 21,0 °C, jolloin lämpötilan ollessa alle 21,0 °C järjestelmä pyrkii kohottamaan poistoilman lämpötilaa. Toisaalta esimerkiksi tuloilman lämpötilalla on useimmiten automaatioon ohjelmoitu **laskettu asetusarvo**, joka muuttuu järjestelmän toiminnan mukana. Tällöin ylä- ja alarajat ovat liukuvia raja-arvoja, jolloin järjestelmä antaa hälytyksen lämpötilan muuttuessa lasketusta asetusarvosta riittävästi. Liukuvat ylä- ja alarajat ovat myös yleensä käyttäjän muokattavissa. Analogiatuloja voidaan tuoda valvomoon myös ilman mitään hälytysrajoja tai asetusarvoja.

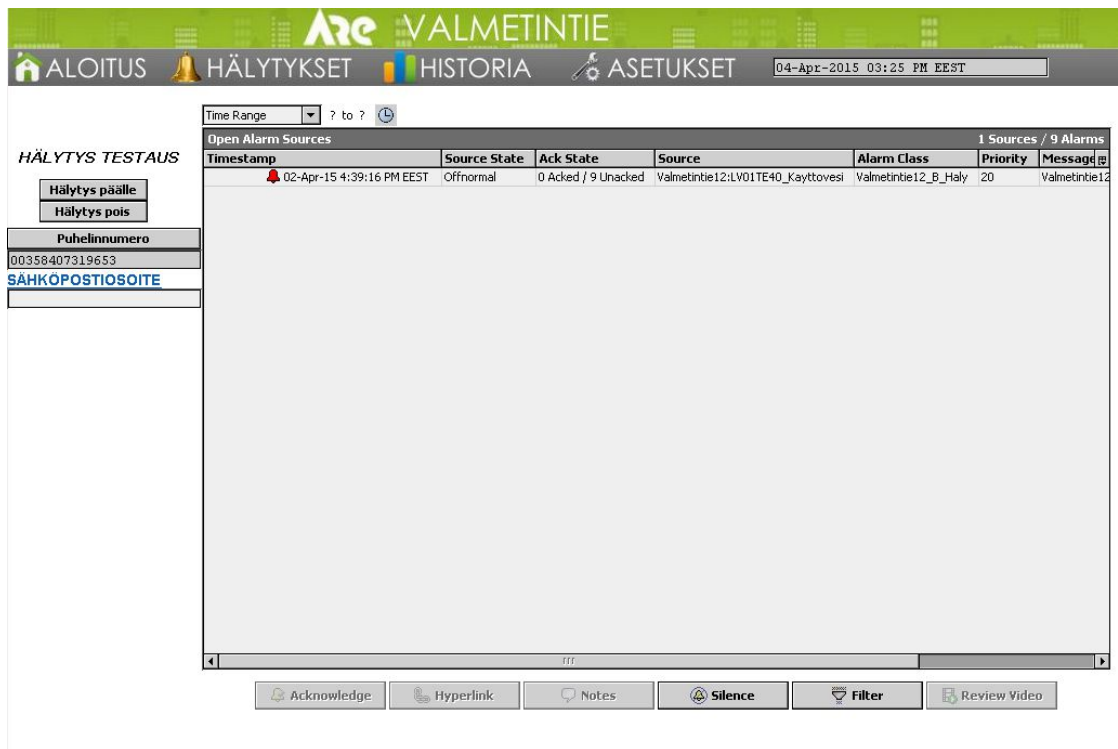
Analogialähdöt ovat erilaisia ohjauspisteitä, jotka voivat esimerkiksi olla venttiilien asennon tai puhaltimen nopeuden ohjaamista. Tällöin pisteen asteikko on 0% - 100%. Automaatiojärjestelmään tehty ohjelma laskee esimerkiksi halutun lämpötilan ja muiden asetusarvojen mukaisesti lämmitysventtiilille sopivan asennon, jotta tavoitearvoihin päästäisiin. Tällöin piste on automaattitilassa. Valvomosta jokaista analogista ohjauspistettä voidaan käyttää myös käsikäytöllä, eli niin sanotussa pakkoajossa. Pakkoajossa automaation ohjelman laskettu ohjausarvo yliajetaan käyttäjän määrittelemällä arvolla. Tällä tavalla esimerkiksi edellämämainittu

lämmitysventtiili voidaan ajaa valvomosta käsin täysin auki tai kiinni.

Digitaalitulot tuodaan valvomoon hälytys- tai tilatietopisteinä. Hälytyspiste voi olla joko oikea kärkitietoon perustuva fyysinen piste tai automaation ohjelmallinen piste. Joka tapauksessa pisteelle luodaan hälytysviive ja hälytyslupa.

2.6.4 Hälytykset

Hälytykset ovat hyödyllinen ja nykyään lähes erottamaton osa kiinteistöautomaatiota. Halutuille pisteille voidaan luoda hälytysehdot, jolloin pisteen mittausarvon poiketessa asetetuista hälytysrajoista piste menee hälytystilaan. Valvomossa on erillinen hälytysikkuna (ks. kuvio 5), jossa on listattuna kaikki pisteet, jotka ovat sillä hetkellä hälytystilassa tai jotka ovat aiemmin olleet hälytystilassa, mutta ovat palautuneet jo neutraaliin tilaan.



Kuvio 5. Hälytysikkuna kiinteistövalvomossa. Punainen kello hälytyksen vieressä tarkoittaa, että piste on tällä hetkellä hälytystilassa.

Hälytysrajat ovat pisteille asetetut ylä- ja alarajat, joiden ylittyessä tai alittuessa järjestelmä antaa hälytyksen. Hälytysrajat ovat käyttäjän muokattavissa. Esimerkiksi lämpötilamittaukselle voidaan asettaa alarajaksi 50 °C ja ylärajaksi 75 °C. Liukuvat ylä- ja alarajat ovat lasketun asetusarvon mukaan muuttuvat hälytysrajat. Jos esimerkiksi laskettu asetusarvo on 25 °C ja liukuva yläraja 5 °C, antaa järjestelmä hälytyksen lämpötilamittauksen lukeman mennessä yli 30 °C. Laskettu asetusarvo on käytännössä arvo, johon automaatiojärjestelmä pyrkii ja se muuttuu järjestelmän toiminnan yhteydessä, joten tällöin hälytysrajojenkin tulee olla muuttuvia ja sen takia näille pisteille ei anneta kiinteitä hälytysrajoja.

Lähes kaikille hälytyksille luodaan hälytysviiveet. Hälytysviive tarkoittaa aikaa, jonka ajan pisteen tulee olla hälytysrajojen ulkopuolella ennen kuin hälytys aktivoituu. Hälytysviiveen avulla voidaan ehkäistä turhia hälytyksiä järjestelmässä. Esimerkiksi lämpötilan käynti hetkellisesti viiden sekunin ajan hälytysrajojen ulkopuolella aiheuttaisi hälytyksen, mutta hälytysviiveen avulla tällaiset harmittomat, järjestelmän

normaalin toiminnan puitteissa olevat hälytysrajojen ylityksien aiheuttamat hälytykset voidaan estää. Pisteiden kriittisyydestä riippuen hälytysviiveeksi asetetaan 1-10 minuuttia. Joissain tärkeimmissä hälytyksissä, kuten IV-hätäseis -hälytyksessä viiveitä ei yleensä käytetä.

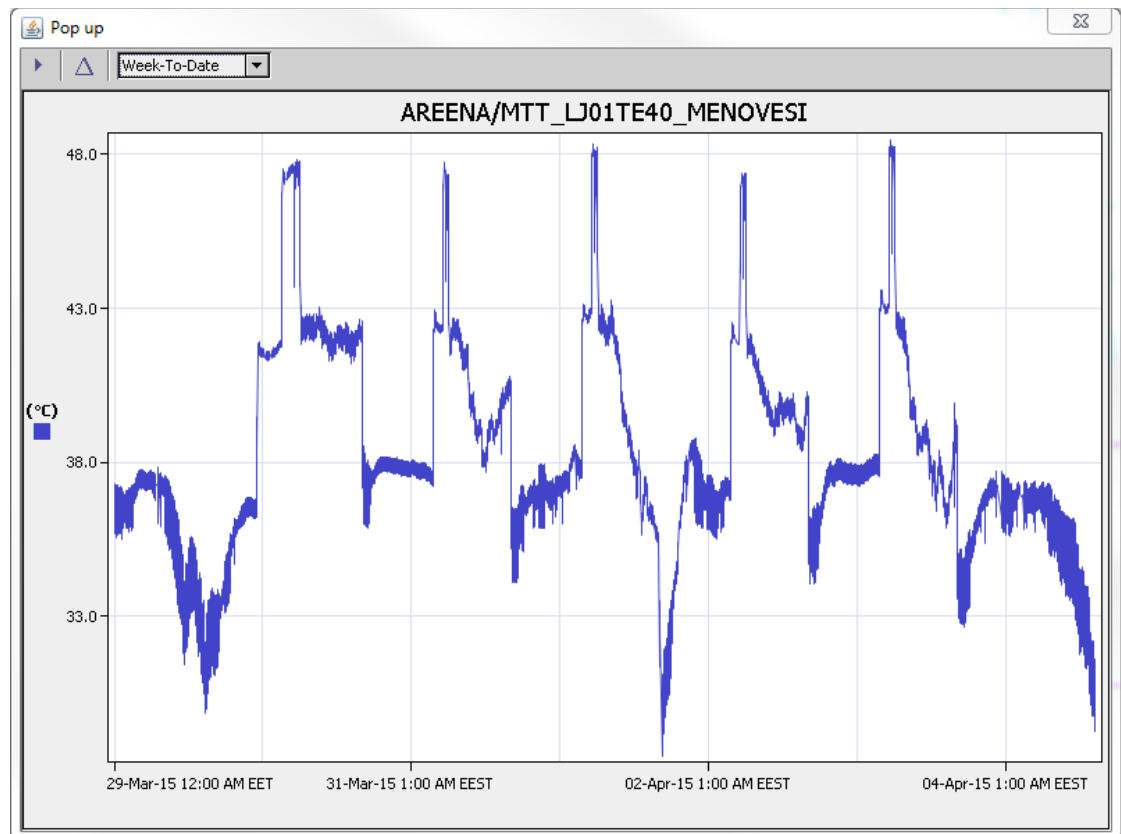
Lisäksi pisteille voidaan luoda hälytysesto- ja hälytyslupaohjaukset. Hälytysestolla voidaan estää kaikki pisteen hälytykset. Tämä voi olla hyödyllinen esimerkiksi huoltotöiden yhteydessä, jolloin laitteiden ollessa pois päältä turhia hälytyksiä tulee helposti. Hälytyslupa on taas hälytyseston kumoamiseen käytetty komento.

Hälytyksille asetetaan hälytysluokat niiden prioriteetin perusteella. A-hälytykset ovat kiireellisempiä kuin B-hälytykset ja niiden selvittäminen on järjestelmän toiminnan kannalta tärkeää. Lisäksi A-hälytyksiksi asetetaan pisteet, joiden hälytykset voivat rikkoa laitteiston tai sen osia. B-hälytys on vähemmän tärkeä hälytys. Yleensä vain A-hälytykset välitetään eteenpäin huoltohenkilökunnalle sähköpostilla tai tekstiviestillä.

2.6.5 Historiat

Mittauspisteiden ja tilatietojen tallentaminen trendikäyväksi (ks. kuvio 6) on hyödyllinen apuväline järjestelmän toiminnan tarkkailussa ja vikojen etsimisessä. Historiaa voidaan tallentaa joko pisteen tilan muutoksesta tai aikasyklin välein. Esimerkiksi painemittauksen tapauksessa voidaan tallentaa historiaa, kun mittauslukema poikkeaa edellisestä tallennetusta arvosta 0,10 yksikköä. Tätä tallennustapaa kutsutaan change of value -tavaksi. Tämä tapa ei kuitenkaan sovellu historian keräykseen pisteille, joissa mittauslukema tai tila pysyy pitkiä aikoja samassa tilassa. Jos mittauslukema tai tila ei muutu, ohjelma ei tallenna kyseisestä pisteestä mitään tietoja. Tällöin historiatrendi voi olla pitkiltä ajoilta täysin tyhjä.

Toinen tapa tallentaa historiatrendiä on määrättyllä aikasyklillä tallentaminen. Tällöin pisteen mittauslukema tai tila tallennetaan ohjelmoijan asettaman aikasyklin välein. Esimerkiksi aikasyklin ollessa 5 s pisteen mittauslukema tai tila tallennetaan trendiin 5 sekunin välein. Tämä tallennustapa on erityisen hyödyllinen pisteille, joiden tila pysyy samana pitkiä aikoja. Toisaalta samaa tallennustapaa voidaan käyttää myös pisteissä, joiden arvo muuttuu erittäin usein. Tällöin historian tallennus aiemmin mainitulla change of value -tavalla ei ole järkevää, koska säätimen levytila täyttyy nopeasti ja historiatrendi muuttuu nopeasti hyvin epäselväksi.



Kuvio 6. Lämmitysveden lämpötilatrendi viikon alusta lauantaihin asti.

2.6.6 Käyttö

Kiinteistövalvomoa voidaan käyttää järjestelmästä riippuen usealla eri laitteella. Useimmiten kiinteistövalvomon käyttö tapahtuu tietokoneella joko paikallisesti tai etäyhteydellä. Rakennuksessa voi olla oma kiinteistövalvomohuone, jossa on tietokone, jonka kautta valvomoon päästään käsiksi. Toinen vaihtoehto on, että huoltohenkilöstö tai ylläpitäjä käyttää valvomoa etäyhteyden avulla omalla tietokoneellaan. Tällöin valvomon käyttö edellyttää käyttäjätunnukset, joilla pääsee kirjautumaan sisälle valvomoon. Fidelixin tapauksessa valvomon käyttö onnistuu joko paikallisesti suoraan säätimen kosketusnäytöltä tai etäyhteydellä käyttäjän omalta tietokoneelta.

Nykyaikana on myös yleistynyt tapa käyttää valvomoa älypuhelimella tai tablet-tietokoneella. Tämän vuoksi myös valvomon suunnittelussa on otettava huomioon, miten varmistetaan valvomon toimivuus kaikilla laitteilla.

2.7 Jäähdytyskone

Jäähdytystekniikalla on merkittävä osa nykyisessä hyvinvointiyhteiskunnassamme. Suuri osa elintarvikkeista tarvitsee jäähdytystä varastoinnin, kuljetuksen ja säilytyksen ajaksi. Lähes joka kotitaloudessa on jääkaappi, useissa lisäksi myös pakastin. Lisäksi palvelintilat ja konehuoneet tarvitsevat viileää ilmaa toimiakseen kunnolla. (Maula, E. 2015)

Kiinteistön ilmastoinnin jäähdytyksessä käytettyjen jäähdytyskoneiden jäähdytysteho on tyypillisesti 5...5000 kW. Jäähdytyskoneita on useita eri tyyppisiä, mutta niiden toimintaperiaate on käytännössä samanlainen. Jäähdytyskoneiden keskeisiä komponentteja ovat kompressorit, jonka tehtävänä on paineen ylläpitäminen;

lauhdutin, joka poistaa kaasusta lämpöenergiaa; paisuntaventtiili, joka alentaa paineen ja lämpötilan sekä höyrystin, jossa kylmäaine sitoo lämpöä. Lauhtumisessa syntyvä lämpö voidaan hyödyntää myös lämmitystarkoituksessa, joten jäähdytyskoneetta voidaan käyttää sekä ilmastoinnin jäähdytyksessä että lämmityksessä. (Käytännön kylmäteknikka 1994, 59-62)

Suomessa jäähdytyskoneen toiminta-aika rajoittuu kesäkuukausiin, eli vain noin kolmasosaan vuodesta. Lisäksi Suomessa jäähdytyskoneet ovat usein ylimitoitettuja, koska tehokkaampaa jäähdytystä tarvitaan yleensä vain loppukesästä ilman ollessa kuumaa ja kosteaa. Alkukesän jäähdytystarpeesta selvittäisiin pienitehoisimmillakin koneilla. (Maula, E. 2015)

2.7.1 Toimintaperiaate

Käytännössä jäähdytyskoneen toimintaperiaate on seuraavanlainen. Kompressorin imee höyrystimestä höyrystynyttä kylmäainetta, jotta paine pysyy tarvittavan matalana ja höyrystyminen käynnissä. Imetty höyry puristuu kompressorissa, jolloin sen tiheys ja lämpötila kasvavat. Kompressorilta höyry viedään putkea pitkin lauhduttimelle. Lauhdutin poistaa höyrystä lämpöenergiaa ja lauhtuessaan höyry muuttuu nestemäiseksi. Lauhtumisessa poistettu lämpöenergia siirtyy lauhduttimelta putkien läpi jäähdytysaineeseen, eli joko ilmaan tai veteen.

Lauhduttimelta nestemäinen kylmäaine johdetaan paisuntaventtiilille. Paisuntaventtiili päästää tarvittavan määrän kylmäainetta matalapainepuolelle höyrystimeen. Painehäviön ansiosta kylmäaine höyrystyy uudelleen. Höyrystimessä kylmäaine sitoo lämpöenergiaa vesiputkien metalliseinämistä, näin jäähdyttäen putkissa virtaavaa vettä. Höyrystimeltä kylmäaine suuntaa taas kompressoreille, jossa kierto alkaa alusta. (Käytännön kylmäteknikka 1994, 59-62)

3 OPINNÄYTETYÖN VAATIMUKSET

3.1 Lopputuotteen vaatimukset

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda yksinkertainen testivalvomo, josta pääsee tarkkailemaan ja hallitsemaan Ohjelmakaari 10:n jäähdytyskone JK01:n toimintoja. Työn vaatimuksena on, että lopputuote on toimiva ja sitä on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa muiden kiinteistöjen jäähdytyskoneiden tuomiseen kiinteistövalvomon toiminnan piiriin. Lisäksi työn tulee olla kattava selvitys siitä, miten jäähdytyskoneen sisäisten antureiden tietoja voidaan hyödyntää jäähdytyskoneen toiminnan tarkkailussa.

Lopputuotteen tulisi mahdollistaa jäähdytyskoneen antureiden tietojen ja historioiden näyttäminen sekä jäähdytyskoneen ohjaamisen kiinteistövalvomosta. Lisäksi sen tulisi mahdollistaa aikataulujen käyttämisen jäähdytyskoneen toiminnan ohjaamisessa.

Lisävaatimuksena työlle on, että sen suorittaminen ei vaadi suuria muutostöimenpiteitä olemassa olevaan järjestelmään ja että työn toteutus ei tulisi huomattavan kalliiksi.

3.2 Järjestelmän ja laitteiston asettamat vaatimukset ja rajoitukset

Centraline Hawk, jota käytetään väylän lukemiseen, tukee seuraavia yhteystyyppejä: BACnet, LonWorks, EIB / KNX, M-Bus, Modbus, oBIX ja SNMP. Täten jäähdytyskone tulisi myös saada liitettyä johonkin edellämainituista väylistä, jotta työ voisi onnistua. Onneksi Hawk tukee monia eri väylämuotoja, joten ongelmia asian suhteen ei pitäisi ilmaantua. (Centraline Hawk 600E Product Data 2014)

Jäähdytyskoneeseen ei ole käytännössä mahdollista lisätä antureita tai muutenkaan muokata sen laitteistoa. Aermec NLW1000 on pakettikone, joten sen muokkaaminen lisäisi työmäärää huomattavasti. Kuten myöhemmin selvitysvaiheessa ilmeni, jäähdytyskoneen laitteisto kelpaa sellaisenaan työn suorittamiseen.

4 TUTKIMUSTYÖ

4.1 Laitteistoon perehtyminen

Laitteistoon tutustuminen suoritettiin, jotta väyläliitintään tarvittavat tiedot olisivat mahdollisimman ajantasaisia ja oikeita. Kaikki työhön liittyvät laitteet sijaitsevat Aren konttorissa ullakon ilmanvaihtokonehuoneessa. Laitteistoon tutustuminen suoritettiin pääasiassa silmämääräisenä tutkimuksena ulkoisesti ja tarvittavaa dokumentointia tutkailemalla. Apuna järjestelmän havainnollistamisessa olivat kiinteistönhoitaja, kylmämestari ja automaation asiantuntija.

4.1.1 Jäähdytyskone Aermec NLW1000

Aermec NLW1000 ilmanvaihtokone (ks. kuvio 7) on italialaisen Aermecin valmistama vesijäähdytteinen kompakti jäähdytyskone. Jäähdytyskoneessa on kaksi jäähdytyspiiriä. Jäähdytyskoneen edessä on keskuskaappi, jonka ovesta on GR03-mallinen näyttökortti (ks. kuvio 8). Näyttökortissa on pieni näyttö ja painikkeet jäähdytyskoneen käsikäyttöä varten ja esimerkiksi asetusarvojen syöttöön ja muiden asetusten säätöön.



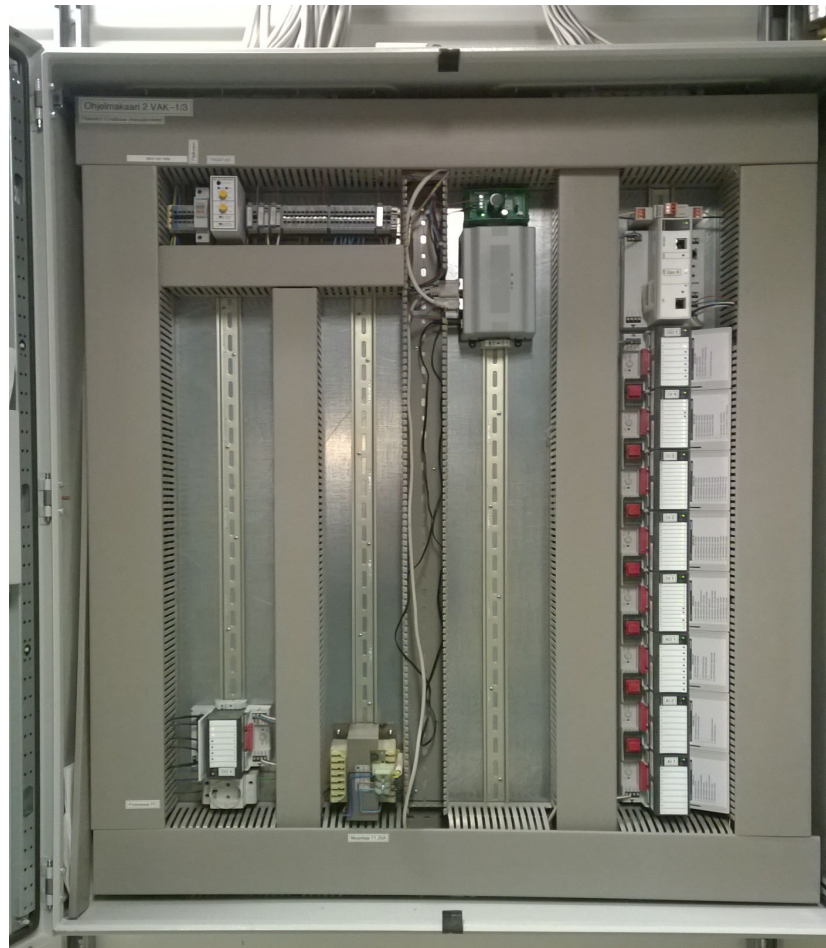
Kuvio 7. Jäähdytyskone JK01, mallia Aermec NLW1000.



Kuvio 8. Jäähdytyskoneen näyttökortti GR03.

4.1.2 Valvonta-alakeskukset ja CentraLine Hawk -säädin

Ohjelmakaari 10:n IVKH:ssa on kolme valvonta-alakeskusta, eli VAKia. VAK 3:ssa on CentraLine Hawk, johon väylän kautta jäähdytyskoneelta luettavat pisteen tuodaan ja johon valvomo luodaan (ks. kuvio 9). Hawk on säädin, joka on suunniteltu tarjoamaan kaikki kiinteistövalvomon tarvittavat toimenpiteet, kuten laitteiston ohjauksen ja tarkkailun, historiat, hälytykset, aikataulut ja valvomon käytön Internetin kautta. (CentraLine Hawk 600E Product Data 2014)



Kuvio 9. Ohjelmakaari 10:n uuden osan IV-konehuoneessa sijaitseva VAK 3.

4.1.3 Valvomojärjestelmä

Ohjelmakaari 10:ssä käytettävä valvomojärjestelmä on Honeywell SymmetrE. Tällä hetkellä VAK 3:ssa sijaitseva Hawk ei ole missään tekemisissä valvomon kanssa, joten sitä voidaan käyttää opinnäytetyön toteutuksessa. Tarkoituksena ei ole liittää jäähdytyskoneetta olemassa olevaan valvomojärjestelmään.

4.2 Väylävaihtoehtojen selvitys ja valinta

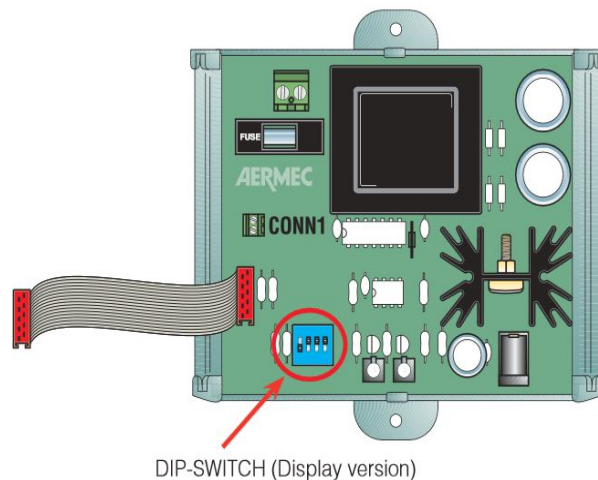
Väylävaihtoehtojen selvitys oli suhteellisen suoraviivainen ja helppo tehtävä. Asiaa lähdettiin tutkimaan selvittämällä ensimmäisenä, onko väylään liittäminen jäähdytyskoneen valmistajan mahdollistama vaihtoehto vai sisältyykö työn suorittaminen suurempiakin muutostöitä jäähdytyskoneeseen. Jäähdytyskoneen ohjekirjan mukaan lisäämällä erillinen AER485 -väyläkortti jäähdytyskoneeseen, voidaan sen sisäisiä antureita, tilatietoja ja hälytyksiä lukea Modbus -väylän kautta. Asia varmistettiin Aermeciä Suomessa edustavan Airmec Oy:n edustajalta. Samalla todettiin alkuperäisistä tilauskaavakkeista, että kiinteistön rakennusvaiheessa AER485 -korttia ei ole tilattu. Muita väyläliitäntämahdollisuuksia ei enää enempää tutkittu, koska todettiin, että Modbus sopii työn tarkoituksiin erittäin hyvin ja on myös yhteensopiva VAK:ssa sijaitsevan CentraLine Hawkin kanssa.

AER485 -väyläkortin ohjekirjaa tutkimalla selvisi, että ainoa kortin tukema väylänopeus on vaatimaton 9 600 baudia. Se on yllättävän vähän, mutta kelvanee työn suoritukseen. Muita väyläkortin tarvittavia asetuksia ovat 1 strattibitti, ei pariteettia ja 1 seisbitti. Lisäksi AER485:n ohjeen mukaan jäähdytyskoneen näyttökortin tulee olla versiota 3.3 tai uudempaa. (AER485 -ohje 2014, 14-19)

5 TYÖN TOTEUTUS

5.1 Asennustyöt

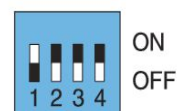
Työ aloitettiin kiinnittämällä AER485 -väyläkortti jäähdytyskoneen keskuksen sisälle. Kortti päätettiin lisätä keskuksen kylkeen oven saranan puolelle, jotta liitäntä näyttökorttiin tulisi mahdollisimman helpoksi. Kortti laitettiin keskuksen seinään kiinni itseporautuvilla ruuveilla ja syöttö 24V otettiin suoraan muuntajalta. Näyttökortti irroitettiin ovesta ja AER485 -väyläkortin mukana tullut M3 -kaapeli liitettiin näyttökortissa olevaan liittimeen. AER485 -väyläkortissa on neljä DIP-kytkintä, joista valmistaja käyttää tunnusta SW1. Riippuen GR03 -näyttökortin versionumerosta, tulee AER485:n DIP-kytkimet laittaa toiseen kahdesta eri asentovaihtoehdoista (ks. kuvio 10).



For display card with code 3381750
IM00 or HIGHER IM or 3399950 IM00
or HIGHER IM:



For display card with code 3279650
IM04 or LOWER IM:



Kuvio 10. AER485:n DIP-kytkimien asetukset (AER485 -ohje 2014, 17)

Työssä käytetyn jäähdytyskoneen näyttökortin versionumero on 3399950 ja IM on IM02, joten AER485:n DIP-kytkimien asennoksi valittiin ensimmäinen vaihtoehto, eli 1 = off, 2...4 = on.

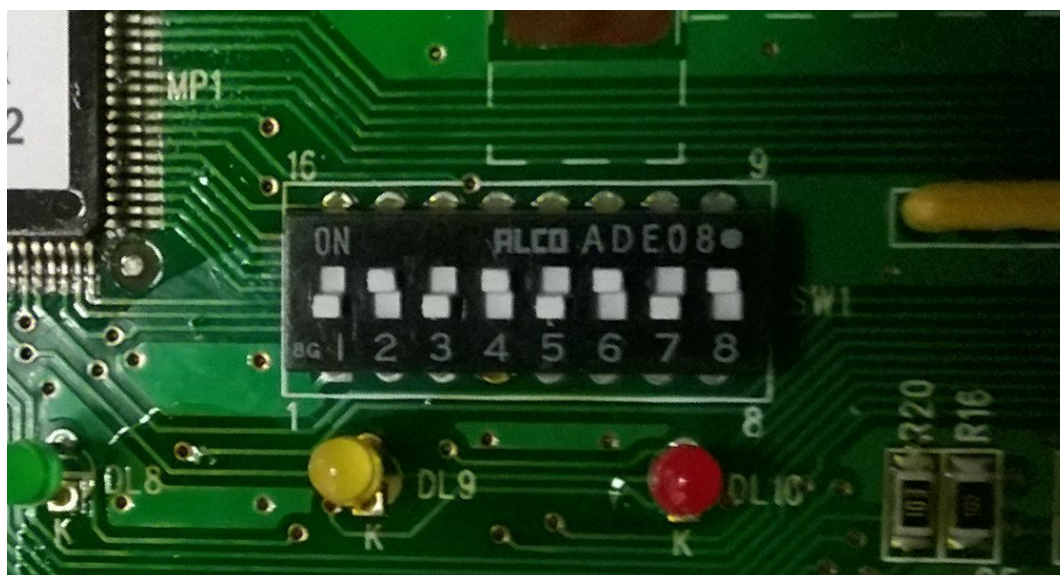
Kaapelointi osoittautui luultua yksinkertaisemmaksi urakaksi. Aluksi tarkoituksena oli asentaa Modbus -väylälle uusi kaapeli suoraan jäähdytyskoneen omalta keskukselta VAK 3:een, missä valvomon luontiin tarkoitettu Centraline Hawk sijaitsi.

Jäähdytyskoneen keskusta tutkittaessa kuitenkin huomattiin, että keskukselta lähti jo valmiiksi NOMAK -instrumentointikaapeli VAK 1:een. Kaapelissa oli käyttämättömiä johdinpareja, joten sen käyttöä väyläliitännän toteutuksessa alettiin tutkia tarkemmin. Ongelmana oli, että kaapeli oli asennettu jäähdytyskoneen ja VAK 1:n välille, vaikka tarvittaisiin kaapeliliitäntä jäähdytyskoneelta VAK 3:een. Lopulta ilmeni, että jokaisen VAK:n välille oli vedetty vapaita johdinpareja sisältävä NOMAK -instrumentointikaapeli, joten oli mahdollista linkittää väyläliitäntä jäähdytyskoneelta VAK 1:lle, josta VAK 2:n kautta päästäisiin lopulta haluttuun päämäärään, eli VAK 3:lle. Täten uusien kaapeleiden vetäminen ei ollutkaan tarpeellista.

Jäähdytyskoneen keskukselle menevästä kaapelista kuorittiin yksi pari johtimia, jotka vietiin suoraan AER485 -väyläkortin CONN1 -liittimiin. Tämän jälkeen saman kaapelin sama johdinpari kuorittiin toisesta päästä ja liitettiin riviliittimiin VAK 1:ssä. Samalla tavalla kuorittiin ja liitettiin johdinpari kaikista käytetyistä instrumenttikaapeleista riviliittimille niin, että lopulta jäähdytyskoneen AER485 -väyläkortista oli yhteys VAK3:ssa sijaitsevaan Hawk -säätimeen. Kuten AER485:n ohjekirjassa mainitaan, kieritettiin käytössä oleva kaapeli vielä ferriittipalan ympäri kaksi kertaa häiriöiden ehkäisemiseksi.

5.2 Ohjelmointityöt

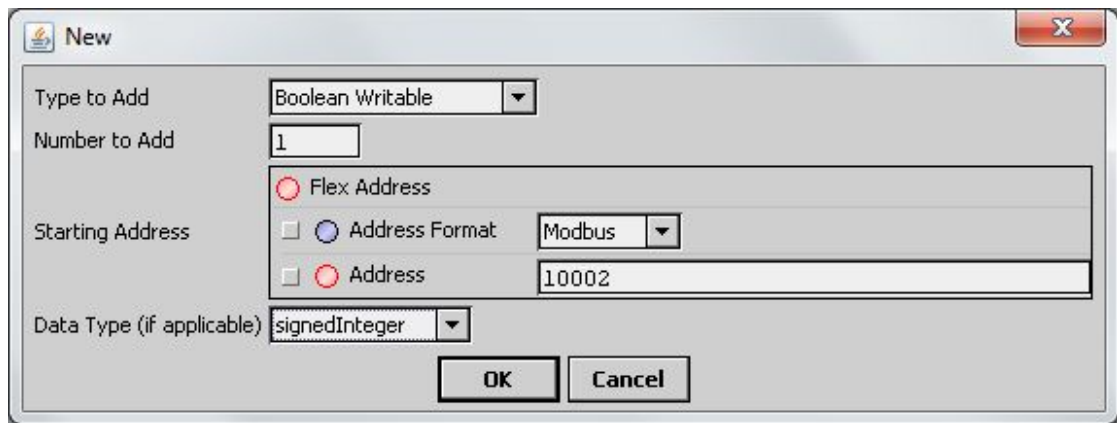
Valvomon luomiseen ja ohjelmointityöhön käytetään CentraLinen CoachAX -ohjelmistoa. Ohjelmointityö aloitettiin lisäämällä Hawkin drivers -valikkoon uusi Modbus -verkko ja valitsemalla avautuvasta valikosta verkon tyyppi ”Modbus Async Network”. Tämän jälkeen lisättiin uusi Modbus -laite, jälleen valitsemalla valikosta ”Modbus Async Device”. Laitteen lisäämiseksi tarvitaan Modbus ID, joka tässä tapauksessa määrittyy näyttökortin mukaan. Näyttökortissa on kahdeksan DIP-kytkintä, joita tulkitsemalla (tai muuttamalla) saadaan sille asetettu Modbus ID selville (ks. kuvio 11). Modbus ID on DIP-kytkimillä esitettynä binääriluku, joka tulee muuttaa tavalliseksi desimaalijärjestelmän luvuksi.



Kuvio 11. GR03 -näyttökortin Modbus ID:n määrittelevät DIP-kytkimet.

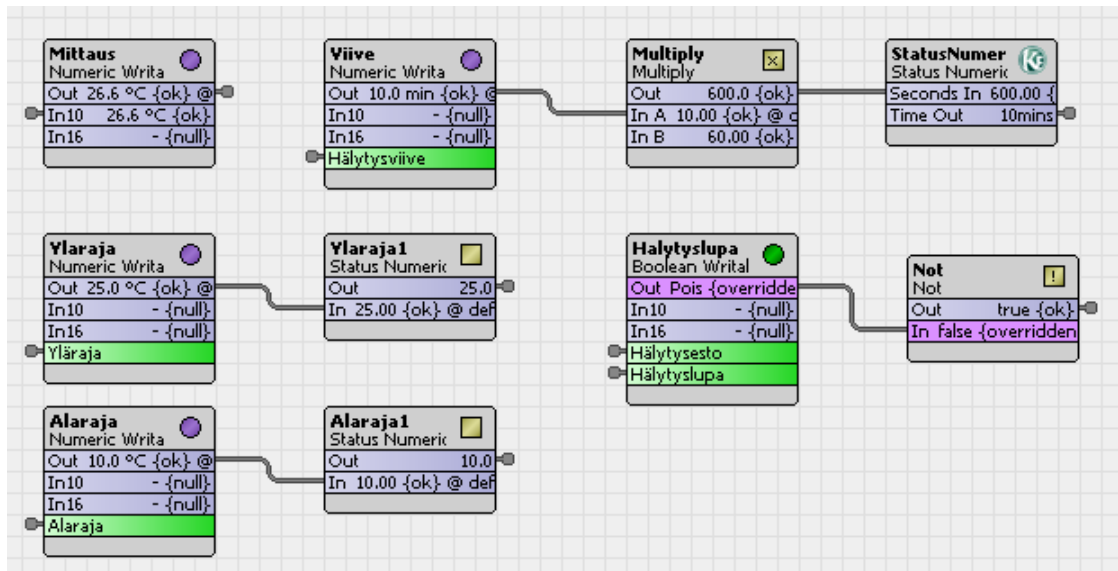
DIP-kytkimet ovat asennoissa 1 = off, 2 = on, 3 = off, 4 = on, 5 = off, 6 = on, 7 = off ja 8 = on. AER485:n ohjekirjan mukaan DIP-kytkimien arvo on kytkimen ollessa ”on” -asennossa 0 ja vastaavasti ”off” -asennossa niiden arvo on 1. Näin ollen DIP-kytkimistä lukemalla saadaan binääriluku 01010101, joka desimaalijärjestelmässä vastaa lukua 85. Modbus -laitetta lisätessä CoachAX -ohjelmistossa laitteen Modbus ID:ksi laitettiin 85.

Kun laite on lisätty, voidaan sen alle luoda pisteitä. AER485 -väyläkortin ohjekirjassa on luettelo kaikista jäähdytyskoneesta luettavasta pisteestä osoitteineen. Pisteitä on neljää eri tyyppiä: analoginen input, analoginen output, binäärinen input ja binäärinen output. Analogiset input -pisteet näyttävät numeerisia lukuarvoja, analogiset output -pisteet ovat kirjoitettavia numeerisia lukuarvoja, binääriset input -pisteet ovat luettavia tilatietoja ja vastaavasti binääriset output -pisteet ovat ohjauspisteitä. Aivan aluksi päätettiin, että kaikki mahdolliset pisteet tuodaan valvomoon ja päätös niiden käytöstä ja hyödyllisyydestä määritellään myöhemmin. Pisteiden lisäys on käytännössä melko hidasta työtä ja sen tekeminen vaatii tarkkaavaisuutta. Piste lisätään valitsemalla ohjelmistossa Modbus -laitteen alta "Points" ja sieltä "New Point". Aukeavasta ikkunasta tulee valita pisteen tyyppi (esimerkiksi "Boolean Point"), osoite (esimerkiksi "10002") ja valitaan datatyyppi. Tässä tapauksessa datatyyppiksi tulee valita jokaisen kohdalla "signedInteger" (ks. kuvio 12). Lopulta pisteelle annetaan nimi. Tätä kaavaa toistamalla saatiin lisättyä kaikki pisteet, mitkä GR03 -näyttökortti osaa antaa. Pisteet lisättiin AER485:n ohjekirjan mukana tulleen pisteosoiteluettelon mukaan. Kaikki digitaalipisteet on lisätty osoitealueelta 1-9999 ja analogipisteet osoitealueelta 40001-49999, jolloin pisteiden tyyppi on read-write. Tämä tarkoittaa, että pisteisiin voidaan tiedon lukemisen lisäksi myös kirjoittaa tietoja. Jostain syystä GR03-näyttökortti ei käytä vain-luku -tyyppisiä pisteitä ollenkaan (osoitealueet 10001-19999 ja 30001-39999). Tietojen syöttäminen esimerkiksi mittauspisteisiin kuitenkin estettiin luomalla vain-luku -tyyppiset pisteet muodoissa "Boolean Point" tai "Numeric Point". Pisteet, joita haluttiin ohjata tai joihin haluttiin kirjoittaa tietoja, luotiin "Boolean Writable"- tai "Numeric Writable" -muodoissa. Pisteille lisättiin myös yksiköt, jotta pisteiden arvojen lukeminen valvomon käytön yhteydessä olisi vaivatonta ja mahdollisimman selkeää.



Kuvio 12. Modbus -pisteen lisääminen CoachAX -ohjelmistossa

CoachAX -ohjelmiston "Config" -valikon alle luotiin uusi kansio nimeltä "Automaatio", jolle luotiin uusi näkymä. Tämä näkymä toimii valvomon päävalikkona. Kuvalle piirretään CorelDESIGNER -ohjelmistolla valikkokuva, joka liitetään CoachAX -ohjelmistossa luodun näkymän taustakuvaksi. "Automaatio" -kansion alle luotiin uusi kansio nimeltä "JK01", jolle myös lisättiin uusi näkymä. "JK01" -kansioon luotiin jokaiselle mittauspisteelle oma toimintalohko, johon ohjelmoitiin ylä- ja alarajojen asetukset ja hälytyksiin liittyvät toiminnot (ks. kuvio 13). Jäähdytyskoneen periaatekaavion (liite 1) ja JK01 prosessikaavion perusteella piirrettiin myös "JK01" -näkymälle oma pohjakuvansa. Myös jäähdytyskoneen antamille binäärisille hälytyspisteille ohjelmoitiin omat hälytystoimintansa. Tavalliset tilatieto- ja ohjauspisteet luotiin "Boolean point"- ja "Boolean writable" -pisteillä.



Kuvio 13. Esimerkki lämpötilamittauksen pisteen toimintojen ohjelmoinnista.

Pisteelle on ohjelmoitu hälytysrajat, -viive ja -lupa.

Mittauspisteiden alle lisättiin COACH AX:n historiapaletista "NumericCov" -lisäosa.

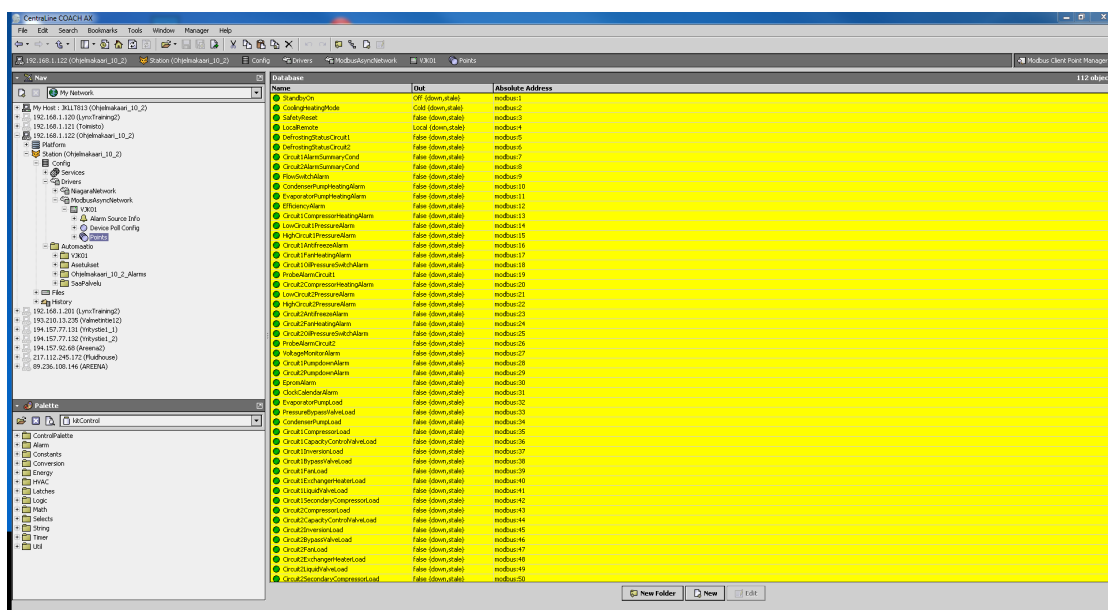
Tämän lisäosan tehtävänä on tallentaa mittauspisteen lukema historiatrendiksi.

"NumericCov" tallentaa nimensä mukaisesti historiamerkinnän, kun pisteen mittausarvo muuttuu. Toinen tapa historian tallennukseen on "NumericInterval", joka käytännössä tarkoittaa sitä, että lisäosa tallentaa historiamerkinnän tasaisin väliajoin.

Työn tekemisen aikana kohdattiin myös odottamattomia ongelmia. Opinnäytetyön laitteisto jätettiin päälle muutamaksi viikoksi ilman, että sillä tehtiin mitään. Tämän jälkeen otettaessa Hawk -säätimeen yhteys huomattiin, että kaikki jäähdytyskone JK01:n pisteet olivat "down" -tilassa (ks. kuvio 14). Tämä tarkoittaa, että Hawkin ja laitteen välillä on yhteysvirhe. Samalla huomattiin, että ne pisteet, jotka toimivat vaihtoivat itsekseen tilaa ja muutenkin koko laite käyttäytyi oudosti. Pienen tutkimisen jälkeen tultiin siihen tulokseen, että jäähdytyskoneen näyttökortti GR03 on sanonut sopimuksensa irti. Tilalle tilattiin uusi osa ja sen jälkeen laitteisto toimi taas lähes moitteitta.

Pisteiden käyminen lyhytaikaisesti "down"- tai "fault" -tilassa on muutenkin

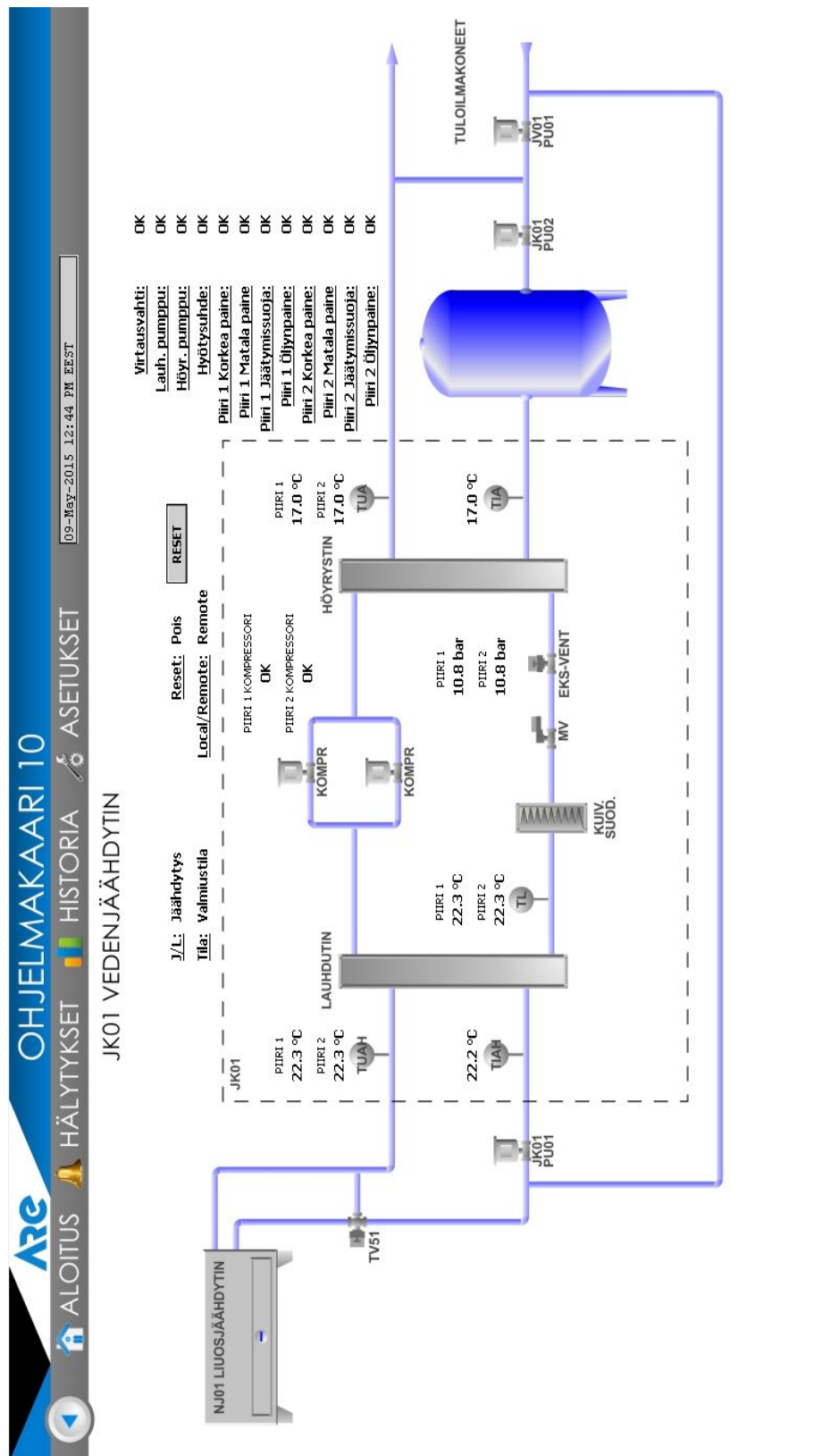
jokseenkin yleistä laitteistossa. Syy on hieman hämärän peitossa, sillä asianmukaiset suojamaadoitukset on tehty ja muutkin häiriöitä ehkäisevät varotoimet on suoritettu. Ongelman syy voi siksi arvella olevan AER485 -kortin huono väylänopeus. Vain 9600 baudia on suhteellisen hidas nopeus nykyaikaiselle laitteelle. Esimerkiksi Pro dual HLS44 -huonesäätimen väylänopeus on 38,7 kbaud.



Kuvio 14. GR03 -näyttökortin hajoamisen myötä ilmennyt ongelma, jossa kaikki jäähdytyskoneen pisteet ovat "down" -tilassa.

Kun näyttökortin ongelmat oli saatu korjattua, päästiin taas jatkamaan työn suoritusta. Ohjelmointitöiden jälkeen jäähdytyskoneesta piirrettiin havainnollistava kuva, jota käytettiin valvomon pohjakuvana. Pohjakuva piirrettiin Corel DESIGNER X5 -ohjelmalla. Valvomon kansiorakenteen näkymiin lisättiin piirretyt pohjakuvat taustakuviksi. Näkymiä tai kansioita valvomossa on kolme: päävalikko, jäähdytyskone ja hälytysikkuna. Lisäksi on erillinen ponnahdusikkuna, josta voi käsitellä historiatrendejä. Jokaiseen näkymään lisättiin muutamia hyperlinkkejä, joista klikkaamalla käyttäjä voi liikkua eri kuvien välillä.

Seuraavaksi aloitettiin jäähdytyskoneen valvomonäkymän lopullinen rakentaminen. Jäähdytyskoneen näkymään päälle lisättiin "bound label", eli tekstikenttä, joka määritettiin näyttämään halutun pisteen "out" -lähdön lukemaa. Näin tekstikentässä lukee siihen liitetyn pisteen mittausarvo tai tilatieto. Samalla tekstikenttiin lisättiin linkki ponnahtusikkunaan, josta näkyy ko. pisteen historiatrendi. Näin ollen tekstikenttää klikkaamalla aukeaa uusi pienempi ikkuna, josta näkee kyseisen pisteen historiatrendin. Koska jäähdytyskoneesta saatavien pisteiden lukumäärä on suhteellisen korkea, päätettiin valvomonäkymään lisätä vain oleellisimmat tiedot, kuten lämpötilat ja joitakin hälytyspisteitä. Lopullisena tuloksena on toimiva valvomonäkymä, josta voi tarkkailla jäähdytyskone JK01:n toimintoja (ks. kuvio 15).



Kuvio 15. Työn tuloksena kehitetty jäähdytyskone JK01:n valvomonäkymä.

Ulkolämpötilasta johtuen jäähdytyskone ei ole kuvan tallennushetkellä toiminnassa.

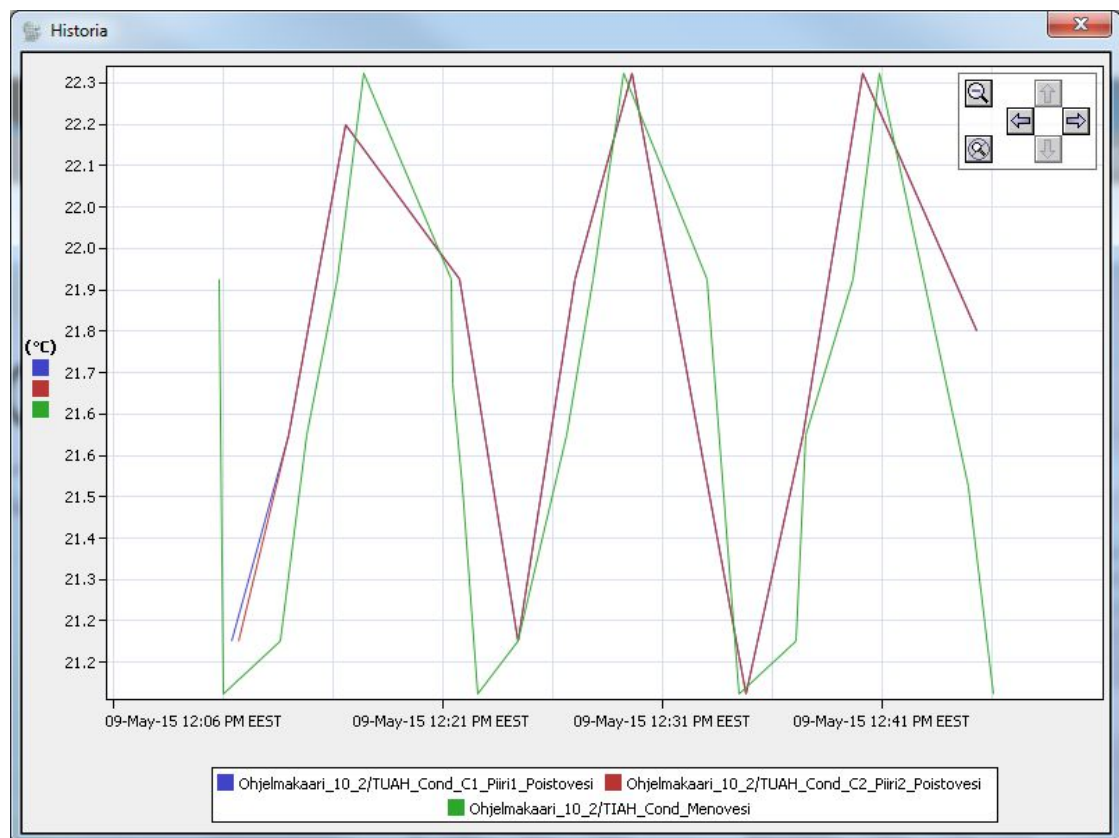
6 TULOKSET JA POHDINTA

6.1 Työn tuloksen analysointi

Tutkimustyön perusteella valittu toteuttamismenetelmä osoittautui suhteellisen toimivaksi ratkaisuksi. AER485 -liitäntäkortti toimii tarpeeksi hyvin työn suorituksen kannalta, mutta jotkin kortin ominaisuudet ovat melko vaatimattomia, kuten esimerkiksi väylänopeus. Pisteiden määrä laitteessa on kuitenkin suhteessa suurempiin järjestelmiin sen verran pieni, että väylänopeus ei vaikuta merkittävästi laitteiston toimintaan. Väylän toiminnassa on kuitenkin tiettyjä omituisuuksia, kuten ajoittainen pisteiden joutuminen ”fault” -tilaan. Tämä ongelma ei kuitenkaan ole laitteiston toiminnan kannalta merkittävässä osassa. Tulevaisuuden kannalta on suositeltavaa, että tämän tyyppisten pakettikoneiden laajempia valvomoliitäntöjä harkitaan uudelleen sitten, kun jäähdytyskoneen valmistaja Aermec parantaa liitäntäkorttien ominaisuuksia. Toisaalta yksittäiset jäähdytyskoneet, joissa on esimerkiksi kaapelointi jo toteutettu ja säätimet paikallaan, ovat potentiaalisia liitäntäkohteita opinnäytetyössä esitetyn tavan mukaisesti. Koska jäähdytyskoneesta on mahdollista tuoda moniin eri käyttötarkoituksiin sopivia pisteitä, on järkevää tuoda valvomojärjestelmään ainoastaan tärkeimmiksi arvioidut pisteet.

Aermecin jäähdytyskoneiden tapauksessa työssä esitelty liitäntätapa on kaikkein yksinkertaisin ja helpoin toteuttaa. Aermec on kehittänyt valmiin liitäntäkortin, jonka avulla jäähdytyskoneen liittäminen valvomojärjestelmään on melko vaivatonta. Pakettikoneiden luonteesta johtuen niiden liittäminen valvomoon muulla tavoin voi olla erittäin työlästä. Pakettikone on valmistettu niin, että se on luotettava ja helposti asennettava kokonaisuus, joka ei vaadi erillistä ohjelmointia. Työn tuloksia voidaan käyttää hyväksi kaikissa tulevilla Aermecin NXW-sarjan pakettikoneiden automaatiojärjestelmään liittämisisissä. Lisäksi työn tuloksia voidaan hyödyntää rajoitetusti myös muiden valmistajien jäähdytyskoneiden automaatiovalvomojärjestelmään liittämisisissä.

Työn tuloksena saatiin yksinkertainen valvomoympäristö, jonka keskeisenä hallittavana laitteena on jäähdytyskone JK01. Jäähdytyskoneen sisäisten antureiden, tilatietojen ja hälytysten tilat näkyvät valvomoikkunassa ja historiatrendit ovat käytettävissä (ks. kuvio 16). Koska työn toimeksiantajan automaatiovalvomoissa ei ole aiemmin ollut mahdollisuutta jäähdytyskoneiden sisäisten toimintojen tarkkailuun, voidaan työssä toteutettua valvomoa käyttää Ohjelmakaari 10:n jäähdytyskoneen vianetsinnässä. AER485 -liitäntäkortin avulla jäähdytyskoneesta saatiin tuotua useita eri hälytyspisteitä valvomoon, joten vianetsinnän pitäisi olla vastaisuudessa helpompaa.



Kuvio 16. Jäähdytyskoneen lauhduttimen lämpötilamittausten historiatrendit.

Tulevaisuudessa voidaan harkita useamman pisteen tuomista automaatiovalvomoon. Opinnäytetyössä pisteitä tuotiin vain oleelliset, jotta työn toimivuus voitiin varmistaa. Työn tuloksena saatuun valvomoon voidaan lisätä uusia pisteitä, jos tarve

vaatii. Lisäksi voidaan harkita oman näkymän tekemistä pelkälle pakettikoneelle, jolloin valvomosta saataisiin hieman selkeämpi. Tällöin pakettikoneelle tuleva ja pakettikoneelta lähtevä putkisto olisivat omassa kuvassaan ja pakettikoneen kuvaa klikkaamalla aukeaisi jäähdytyskoneen oma näkymä, josta pääsisi tarkkailemaan opinnäytetyössä tuotuja pisteitä.

6.2 Pohdinta

Työn tavoitteiden voidaan katsoa täyttyneen. Työn aikana saatiin selvitettyä jäähdytyskoneen liittämismahdollisuus automaatiovalvomoon ja lisäksi tuotettiin esimerkkijärjestelmä. Jäähdytyskoneen mittauspisteiden arvoja pääsee katsomaan suoraan valvomonäkymästä ja historiatrendit ovat toimivia. Lisäksi jäähdytyskoneen voi esimerkiksi asettaa päälle tai valmiustilaan suoraan valvomonäkymästä. Aikataulutuksen toteuttamisesta luovuttiin, koska ohjaittavia binääripisteitä on vain muutamia ja muutenkin todettiin, että aikataulutus ei ole tarpeen jäähdytyskoneella. Jäähdytyskoneen toimintaa ohjaavat ennemminkin ulkolämpötila ja jäähdytyksen tarve kuin aikataulut. Jäähdytyskoneen vikatiloista saadaan myös lukuisten hälytyspisteiden avulla parempi kuva. Työssä käytettyä liitäntämenetelmää voidaan käyttää kaikissa Aermecin NLW-sarjan jäähdytyskoneiden valvomonliittämisissä ja lisäksi opinnäytetyö voi toimia myös pohjana muidenkin mallien ja valmistajien jäähdytyskoneiden automaatiovalvomonliittämisissä. Opinnäytetyössä esitettyä jäähdytyskoneen laajempaa automaatiojärjestelmään liittämistä ei ole aiemmin toimeksiantajalla toteutettu. Sen takia opinnäytetyössä esitetty ratkaisu on täysin uusi ainakin toimeksiantajan näkökulmasta.

Toisaalta opinnäytetyössä on esitetty vain yhden jäähdytyskonevalmistajan laitteen liittäminen osaksi automaatiovalvomojärjestelmää, joten eri jäähdytyskonevalmistajien ratkaisujen selvittäminen jäi vähemmälle. Nopean Internet-haun jälkeen voidaan kuitenkin todeta, että useat valmistajat tarjoavat

samankaltaisia ratkaisuja kuin Aermec, joten pääsääntöisesti opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää ainakin ohjelmointiosuuden osalta muidenkin valmistajien jäähdytyskoneiden automaatiojärjestelmään liittämässä. Ohjelmointiosuus pysyy käytännössä melko muuttumattomana, oli laitteen valmistaja tai käytetty väyläliitäntä mikä tahansa. Pisteiden tuontitapa Centraline Hawkiin on myös erilainen riippuen käytetystä väylästä. Tulevaisuudessa uudisrakennus- tai saneerauskohteet, joissa on jonkin muun valmistajan jäähdytyskone, olisivat hyvä tilaisuus tutkia tarkemmin muiden valmistajien laitteiden liittämistä kiinteistöautomaatiojärjestelmään.

Työn esitutkintavaihe oli melko suoraviivainen ja onnistui helposti. Muutaman tunnin tutkimustyön jälkeen voitiin jo todeta, että helpoin tapa liittää kyseessä oleva jäähdytyskone automaatiojärjestelmään on tilata jäähdytyskoneen valmistajalta asiaan tarkoitettu liitäntäkortti. Työn tuloksena saatava pieni automaatiovalvomo tehtäisiin jo työharjoittelun ja myöhemmin palkallisen työn aikana tutuksi tulleeseen Centraline Hawk -säätimeen. Myös ohjelmoinnissa käytetty COACH AX -ohjelmisto on tullut aiemmin tutuksi samalla tapaa, joten sen käyttö oli suorastaan helppoa.

Työskentelyvaihe oli myös sujuvaa ja luontevaa. AER485:n ohjekirjassa oli hyvä ohjeistus siitä, miten liitäntäkortti otetaan käyttöön. Asennus- ja ohjelmointivaiheet osoittautuivat monipuolisiksi ja niiden teossa sai käyttää opintojen aikana opittua, kuten binäärilukujen muuttamista desimaaliluvuiksi ja ohjelmointia; sekä työharjoittelun aikana opittua ohjelmistotyökalujen käyttöä, valvomokuvien piirtoa ja valvomon tekoa. Työn tekemisen aikana väylien ja jäähdytyskoneiden toimintaperiaatteet alkoivat selkiintyä.

Työharjoittelun aikana opitut asiat osoittautuivat välttämättömiksi työn suorittamisen kannalta. Täysin laitteistosta ja ohjelmistoista tietämättömänä työn suoritus olisi ollut huomattavasti haastavampaa. Nyt työn toteuttaminen tuntui erittäin luontevalta ja aina työtä tehdessä oli selkeä kuva siitä, mitä seuraavaksi tulisi tehdä. Myös palkallisena työntekijänä opitut asiat auttoivat opinnäytetyön suorittamista ja itse

asiassa palkkatyössä opittu ja opinnäytetyössä opittu tukivat toisiaan koko prosessin ajan.

7 LÄHTEET

AER485-ohjekirja. 2014. Aermec S.p.A. Viitattu 25.4.2015.

Centraline -yhtiön kotisivut. 2014. Viitattu 14.3.2015.

<https://www.centraline.com/en/home/local.html>

Centraline Hawk 600E Product Data. 2014. Viitattu 28.2.2015.

<http://products.centraline.com/en/pdf/en0z0989-ge51r0314.pdf>

Fidelix -yhtiön kotisivut. Viitattu 14.3.2015. <http://www.fidelix.fi>

Honeywell SymmetrE -esite. 2001. Viitattu 4.4.2015.

Kuusisto, J. 2015. Asiantuntija. Are Oy. Haastattelu 24.3.2015.

Käytännön kylmäteknikka. 1994. Kylmätuki Oy. Viitattu 6.5.2015.

Maula, E. 2015. Kylmämestari. Are Oy. Haastattelu 6.5.2015.

Prosessiautomaatio Oy, Eagle -säätimen tuotekuvaus. Viitattu 14.3.2015.

<http://www.prosessiautomaatio.com/automaatiotuotteet/centraline-jarjestelmalaitteet/eagle>

Rakennusautomaatiolla saavutettavissa olevat hyödyt. 2005. Suomen Automaatioseura ry:n Rakennusautomaatiojaos BAFF:n johtokunnan laatima dokumentti. Viitattu 14.3.2015.

http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF_%20hyodyt.pdf

Strand, A. 2013. Toimiva rakennusautomaatio – energiatehokas ja viihtyisä. ½Done 1/2013. Viitattu 14.3.2015.

http://issuu.com/granlundoy/docs/_done_1_2013_18062013_f25158df7ecb7f

Kenttäväylätekniikka. 2009. ST-kortti 701.60. Sähkötieto ry. Viitattu 11.4.2015.

<http://severi.sahkoinfo.fi/>, Sähköinfo Severi, ST-kortisto.

Tiedonsiirron rajapintojen perusteita. 2007. ST-kortti 701.61. Sähkötieto ry. Viitattu 11.4.2015. <http://severi.sahkoinfo.fi/>, Sähköinfo Severi, ST-kortisto.

Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. ST-käsikirja 17. Sähkötieto ry. 3. painos. Toim. Piikkilä, V. Tampereen ammattikorkeakoulu. <http://severi.sahkoinfo.fi/>, Sähköinfo Severi, ST-kirjasto.

8 LIITTEET

Liite 1: Jäähdytyskone Aermec NLW1000:n prosessikaavio

